

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>H04L 12/40, 12/26</b></p>	<b>A1</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/59464</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 30. Dezember 1998 (30.12.98)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE98/01656</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 11. Juni 1998 (11.06.98)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 197 26 158.2      20. Juni 1997 (20.06.97)      <b>DE</b></p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>HARTMANN &amp; BRAUN GMBH &amp; CO. KG [DE/DE]; Industriestrasse 28, D-65760 Eschborn (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>JANTZEN, Wolfgang [DE/DE]; Himmenweide 42, D-32425 Minden (DE).</b></p> <p>(74) Anwälte: <b>MEISSNER, Peter, E. usw.; Hohenzollerndamm 89, D-14199 Berlin (DE).</b></p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>CA, CN, JP, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.          Vor Ablauf der für Änderungen zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

PTO 2005-5141

S.T.I.C. Translations Branch

(54) Title: **REDUNDANT SERIAL BUS AND METHOD FOR THE OPERATION THEREOF**

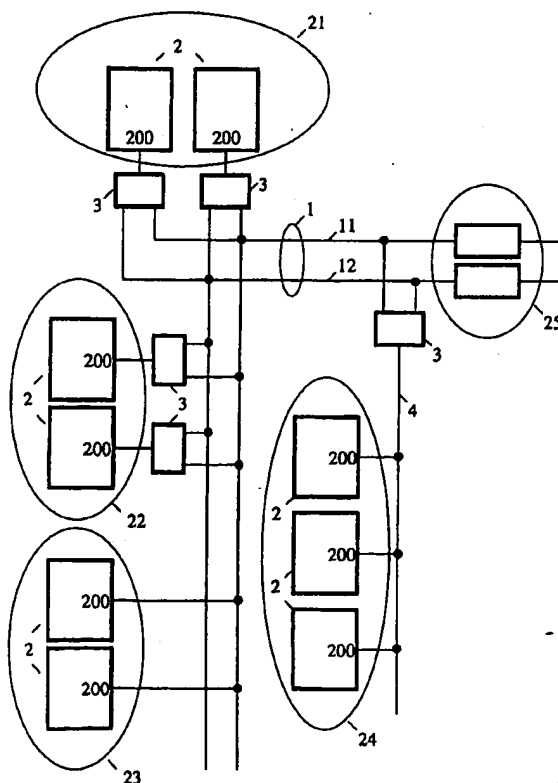
(54) Bezeichnung: **REDUNDANTER SERIENBUS UND VERFAHREN ZU DESSEN BETRIEB**

(57) Abstract

The invention relates to a redundant serial bus and to a method for the operation thereof. In order to connect serial bus systems known per se by redundantly configured bus lines without using systems-integrated redundancy means (3), the invention provides that an upstream redundancy means (3) is switched between the bus communication interface (200) of a bus-user (2) and the redundant bus lines (11, 12). This enables continuous transmission to occur on all bus lines (11, 12) and an interference-free bus line (11, 12) to be selected for reception.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen redundanten Serienbus und ein Verfahren zu dessen Betrieb. Um für sich bekannte serielle Bussysteme ohne systemintegrierte Redundanzmittel durch redundant ausgeführte Buslinien (11, 12) miteinander zu verbinden, wird ein vorschaltbares Redundanzmittel (3) vorgeschlagen, das zwischen die Buskommunikations-Schnittstelle (200) eines Busteilnehmers (2) und die redundanten Buslinien (11, 12) geschaltet wird. Dabei wird im laufenden Betrieb stets auf allen Buslinien (11, 12) gesendet und empfangsseitig eine störungsfreie Buslinie (11, 12) ausgewählt.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

5

## **Redundanter Serienbus und Verfahren zu dessen Betrieb**

### 10 **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft einen redundanten Serienbus und ein Verfahren zu dessen Betrieb.

15 Das allgemeine Problem besteht darin, für sich bekannte serielle Bussysteme ohne systemintegrierte Redundanzmittel, das betrifft regelmäßig genormte und damit interoperable Bussysteme, durch redundant ausgeführte Buslinien miteinander zu verbinden.

20 Darüber hinaus besteht bei der Auswahl einer der redundant ausgeführte Buslinien zur Kommunikation das Problem, daß die Erkennung komplexer Fehler auf rein physikalischer Ebene beispielsweise durch Sendepegelerkennung allein nicht mehr möglich ist. Die Auswertung muß auf einer höheren Ebene der Protokollbearbeitung liegen. Es muß erst zumindest ein Teil der seriellen Übertragung als richtig erkannt  
25 werden bevor die ausgewählte Linie zum Empfang des Telegramms ausgewählt werden kann. Der überwachte Teil des Telegramms muß mindestens so lang sein, daß Reflexionen die eine bestimmte Laufzeit auf dem Bus haben können sicher erkannt werden.

30 Üblicherweise verwenden Bussysteme für die unteren Schichten des Übertragungsprotokolles spezielle Buscontroller. Wenn diese Controller keine entsprechende Redundanz vorsehen, sind die notwendigen Stellen für die

Implementation einer entsprechenden Redundanz, für einen Anwender dieses Controllers nicht mehr zugänglich.

5 Aus der Veröffentlichung "Automatisierungstechnik" R. Oldenbourg Verlag Wien 1992, Band I, Seite 406 ist bekannt, in einem redundanten Bussystem beim Eintreten eines Umschaltkriteriums den Datenverkehr von dem aktiven Bus auf einen passiven Bus umzuschalten, wobei der jeweils aktive Bus eine vorgebbare Selektion aus gleichartigen und gleichberechtigten Bussen des redundanten Bussystems darstellt. Als Umschaltkriterium sind Ausfälle des aktiven Busses und zyklische Abfragen der Differenz der Transferanforderungen auf dem aktiven und dem passiven Bus  
10 vorgesehen.

Aus der DE 195 13 318 ist ein Verfahren zum Betrieb eines asynchronen und redundanten Serienbusses, bestehend aus  $n > 1$  parallelen unabhängigen Linien,  
15 bekannt, bei dem mindestens zwei aufeinander synchronisierbare Multiplexer vorgesehen sind, die zur bidirektionalen Übertragung von Dateninformationen zwischen einer Serienbusschnittstelle und einer der parallelen Linien geeignet sind. Dabei ist vorgesehen, daß eine Vorzugslinie des redundanten Serienbusses als Primärbus und die  $n-1$  verbleibenden Linien als Ersatzbusse bestimmt werden, daß bei  
20 ungestörtem Datenverkehr Dateninformationen zwischen den über die Multiplexer angeschlossenen Stationen über den Primärbus als aktivem Bus ausgetauscht werden und Steuerinformationen zwischen den Multiplexern über mindestens einen vorgebbaren Bus ausgetauscht werden, daß bei Absinken der Übertragungsgüte auf dem aktiven Bus unter eine vorgebbare Schranke ein vorgebbarer Ersatzbus zum  
25 aktiven Bus bestimmt wird, eine Fehlermeldung an eine übergeordnete Instanz abgesetzt wird und der deaktivierte Bus analysiert wird und daß bei steigender Übertragungsgüte auf den Primärbus über eine vorgebbare Schranke der Primärbus zum aktiven Bus rückbestimmt wird.

30 Dabei wird der Aufwand für die Synchronisierung aller Busteilnehmer auf den aktiven Bus sowohl materiell als auch hinsichtlich der dazu erforderlichen Protokollfunktionen als nachteilig angesehen. Da die Synchronisierungsmittel selbst Busteilnehmer sind, wird

darüber hinaus die Anzahl verfügbarer Teilnehmeradressen für anschließbare Stationen reduziert.

5 Aus der DE 195 13 316 ist ein segmentierbares Ethernet-Bussystem mit  $n > 1$  Buslinien zur redundanten Vernetzung von Single-Port-Stationen mit einem Steuerausgang und einem Kommunikationsport bekannt, bei dem bidirektionale Multiplexer mit einem gemultiplexten Port und  $n$  Linien-Ports und einem Steuereingang vorgesehen sind. An die  $n$  Buslinien eines Ethernet-Segmentes sind mindestens eine Beobachtungseinrichtung mit  $n$  Linien-Ports angeschlossen. Jeder Single-Port-Station 10 ist ein Multiplexer zugeordnet, wobei der Kommunikationsport der Single-Port-Station mit dem gemultiplexten Port des Multiplexers und der Steuerausgang der Single-Port-Station mit dem Steuereingang des Multiplexers verbunden sind. Die  $n$  Linien-Ports jedes Multiplexers sind an die  $n$  Buslinien eines Ethernet-Segmentes angeschlossen.

15 Nachteiligerweise ist jede Single-Port-Station mit einem Steuerausgang zur Steuerung des Multiplexers auszustatten. Insbesondere bei der Nachrüstung redundanter Buslinien in bestehenden Systemen ist ein derartiger Steuerausgang nicht verfügbar.

20 Darüber hinaus ist aus der DE 195 13 315 ein segmentierbares Ethernet-Bussystem zur redundanten Vernetzung von Single-Port-Stationen bekannt, bei dem zwei Linien zumindest teilsegmentweise parallel angeordnet sind und zum Anschluß der Single-Port-Stationen an die beiden Linien als aktive Netzteilnehmer adressierbare bidirektionale Multiplexer vorgesehen sind, die durch mindestens eine als aktiver Netzteilnehmer adressierbare Überwachungseinheit steuerbar sind.

25 Nachteilig ist hierbei die Vielzahl erforderlicher Netzadressen, die die Anzahl der möglichen Single-Port-Stationen in demselben Netz limitiert.

30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Mittel anzugeben, die es gestatten, für sich bekannte serielle Bussysteme ohne systemintegrierte Redundanzmittel durch redundant ausgeführte Buslinien miteinander zu verbinden. Dabei soll das vorhandene Bussystem möglichst unbeeinflusst bleiben und kompatibel einsetzbar sein. Der Mischbetrieb mit nichtredundanten Teilnehmern soll möglich sein und die

Redundanzmittel sollen auch komplexere Fehler wie Busfehlab schlüsse und ähnliches einwandfrei erkennen und verarbeiten.

5 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit den Mitteln des Patentanspruchs 1 und den Schritten des Patentanspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den rückbezogenen Ansprüchen 2 bis 9 und 11 beschrieben.

10 Die Erfindung besteht nun darin, für jede der Empfangslinien, zusätzlich einen Teil des Protokolls in der Vorschaltseinrichtung abzuwickeln, um die notwendigen Entscheidungskriterien zu erhalten. Nach der Auswertung wird dann eine als störungsfrei erkannte Linie ausgewählt. Die ausgewählte Linie wird dann derart in das ursprüngliche Signal zurückgewandelt, daß sie in den normalen Kommunikationscontroller oder das Gerät eingelesen werden kann.

15 Die Erfindung geht dabei von der Erfahrung aus, daß Störungen des Übertragungsweges üblicherweise in der Preamble oder bei UART-Protokollen während der Übertragung des ersten Bytes erkannt werden können.

20 Erfindungsgemäß ist eine Vorschaltseinrichtung vorgesehen, an die einerseits redundant ausgeführte Buslinien und andererseits Teilnehmer oder Geräte ohne systemintegrierte Redundanzmittel angeschlossen sind, wobei jeweils eine der Buslinien mit dem angeschlossenen Teilnehmer oder Gerät unter vollständigem Verzicht auf systemintegrierte Redundanzmittel verbunden ist.

25 Gesendet wird bei solch redundanten Bussystemen immer auf allen Linien, während beim Empfang eine beliebige störungsfreie Linie ausgewählt wird. Das bedeutet, daß verschiedene, an denselben Buslinien angeschlossene Empfänger verschiedene Buslinien als störungsfrei erkennen können.

30 In vorteilhafter Weise sind die verfügbaren Buscontroller weiterhin verwendbar. Darüber hinaus sind bestehende Geräte mit Buscontrollern ohne systemintegrierte Redundanzmittel auf einfache Weise bei unveränderter Systemarchitektur redundant

vernetzbar. Auf zusätzliche Teilnehmeradressen für Synchronisierungsmittel kann verzichtet werden.

Das Konzept der vorgeschalteten Redundanz gilt für alle Arten der seriellen Kommunikation und wird auf der Ebene des Physical Layers implementiert. Bei der Redundanz wird, in Abhängigkeit der Gültigkeit eines Datenstroms, eine Auswahl von 1 aus  $n$  ( $n \geq m+1$ ) Empfangslinien vorgenommen. Die Auswahl gilt für die Dauer eines Übertragungsblockes (Frame). Gesendet wird auf allen Sendelinien. Empfangs- und Sendelinien können zu einer bidirektionalen Buslinie zusammengefaßt sein.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels mit zwei parallelen Buslinien näher erläutert. Die dazu erforderlichen Zeichnungen zeigen

Figur 1 eine Prinzipdarstellung eines redundanten Bussystems

Figur 2 ein Blockschaltbild eines vorschaltbaren Redundanzmittels

Figur 3 eine Prinzipdarstellung eines redundanten Bussystems mit Überwachung

Figur 4 ein Blockschaltbild eines vorschaltbaren Redundanzmittels mit Überwachung

Ein redundantes Bussystem nach Maßgabe der Erfindung ist prinzipiell in Figur 1 dargestellt. An einen redundanten Serienbus 1, der aus zwei Buslinien 11 und 12 besteht, sind Gruppen 21 bis 25 von Busteilnehmern 2 angeschlossen, wobei jeder der Busteilnehmer 2 über eine einzige, redundanzfreie Buskommunikations-Schnittstelle 200 verfügt.

Die Busteilnehmer 2 der ersten und zweiten Gruppe 21 und 22 sind jeweils über ein teilnehmerindividuelles, vorschaltbares Redundanzmittel 3 an beide Buslinien 11 und 12 des redundanten Serienbusses 1 angeschlossen. Die Busteilnehmer 2 der vierten Gruppe 24 sind über einen redundanzfreien Serienbus 4 und ein gemeinsames, vorschaltbares Redundanzmittel 3 an beide Buslinien 11 und 12 des redundanten

Serienbusses 1 angeschlossen. Die Busteilnehmer 2 der dritten Gruppe 23 sind ausschließlich an die Buslinie 11 des redundanten Serienbusses 1 angeschlossen. Der Anschluß an eine der Buslinien 11 oder 12 ist dabei vorteilhafterweise wahlfrei und mischbar. Auf eine Vorzugslage wird dabei verzichtet.

5

In besonders vorteilhafter Weise ist die Redundanz des Serienbusses 1 entsprechend den Anforderungen an die Verfügbarkeit der einzelnen Busteilnehmer 2 skalierbar. Darüber hinaus ist der Mischbetrieb redundant und nichtredundant angeschlossener Teilnehmer 2 an demselben redundanten Serienbus 1 ermöglicht.

10

Die fünfte Gruppe 25 umfaßt sogenannte Repeater, die jeweils zur Verbindung einer Buslinie 11 und 12 eines ersten Segments mit jeweils einer Buslinie eines zweiten Segments desselben Bussystems vorgesehen sind.

15

Der prinzipielle Aufbau eines vorschaltbaren Redundanzmittels 3 ist in Figur 2 dargestellt. Das vorschaltbare Redundanzmittel 3 ist mit einem Empfänger 31 und einem Sender 32 ausgestattet. Der Empfänger 31 umfaßt zumindest für jede Buslinie 11 und 12 jeweils eine Eingangsstufe 311, eine Auswertestufe 312 und eine Ausgangsstufe 313. Die Eingangsstufe 311 ist mit Mitteln zur Synchronisierung, Filterung und Seriell-Parallel-Wandlung ausgestattet. Darüber hinaus können auch Mittel zur Auswertung des Datenstromes vorgesehen sein (Parity, Framing...) und die Zustände an die Auswertestufe 312 weitergeleitet werden. Zweckmäßigerweise ist der Eingangsstufe 311 ein Verstärker 314 vorgeschaltet, der Mittel zur Anpassung der Eingangsstufe 311 an das physische Übertragungsmedium der Buslinie 11 und 12 des redundanten Serienbusses 1 aufweist.

20

25

Die Auswertestufe 312 umfaßt Mittel zur Auswertung des Datenstroms, zur Zeitauswertung, zur Bewertung des Zustands der Empfangslinien und zur Linienauswahl.

30

Die Ausgangsstufe 313 weist Mittel zur Parallel-Seriell-Wandlung, zur Stummschaltung bei fehlerhaften Empfangsdaten und Treiberstufen (RS485, RS232, LWL, ...) zur Anpassung an die redundanzfreie Buskommunikations-Schnittstelle 200 der Busteilnehmer 2 auf. Alternativ kann vorgesehen sein, den seriellen, über die



Empfangserkennungszeit verzögerten Datenstrom von der Eingangsstufe 311 direkt an die Ausgangsstufe 313 weiterzuleiten. Dann ist die Parallel-Seriell-Wandlung verzichtbar.

5 In der Eingangsstufe 311 wird das Empfangssignal über ein Filter auf eine Synchronisierstufe geführt. In der Synchronisierstufe wird der Empfänger 31 auf den Datenstrom synchronisiert. Die Übertragungsgeschwindigkeit kann konfiguriert oder automatisch erkannt werden. Für die automatische Geschwindigkeitserkennung wird der eingehende Datenstrom ausgewertet. Der Datenstrom kann seriell oder parallel an  
10 die Auswertestufe 312 weitergereicht werden.

In der Auswertestufe 312 erfolgt die Auswahl der Empfangslinie 11 oder 12 anhand von Kriterien die aus dem seriellen oder parallelen Datenstrom, dem Zeitverhalten und dem Zustand der Empfangslinie 11 und 12 ermittelt werden. Als Kriterien aus dem  
15 Datenstrom gelten Frameerror, Parityerror, Preamble, Synchronisiersequenzen u.s.w. Weitere Kriterien werden aus dem Zeitverhalten, aus Pausenzeiten im Datentransfer oder aus der Datentransferdauer abgeleitet. Auch eine zeitabhängige Umschaltstrategie kann Kriterien liefern. Ein Auswahlkriterium das den Zustand der Empfangslinie 11 und 12 kennzeichnen kann ist auch der Signalpegel, der eine Über-  
20 oder Unterlast anzeigt.

In der Ausgangsstufe 313 wird für den Datenstrom, der als gültig erkannt und ausgewählt wurde, ein Bit-Retiming durchgeführt und über eine Treiberstufe ausgegeben. Die in dem vorschaltbaren Redundanzmittel 3 auftretende  
25 Zeitverzögerung ist unkritisch, weil sie im Bereich der Kabellaufzeiten (Reflexionslaufzeit) liegt. Wird kein gültiger Datenstrom erkannt, so liefert die Ausgangsstufe 313 die Ruhelage als Ausgangssignal.

Sendeseitig weist das vorschaltbare Redundanzmittel 3 einen Sender 32 mit jeweils  
30 einem Treiber 321 für jede Buslinie 11 und 12 des redundanten Serienbusses 1 auf. Der zu sendende Datenstrom wird über die Treiber 321 auf allen Buslinien 11 und 12 ausgegeben.

Unter Verwendung gleicher Bezugszeichen für gleiche Mittel ist in Figur 3 ein redundantes Bussystem prinzipiell dargestellt, bei dem ausgewählte Busteilnehmer 2 mit Diagnosemitteln ausgestattet sind. Dabei sind die ausgewählten Busteilnehmer 2 der ersten Teilnehmergruppe 21 mit einer zusätzlichen Diagnose-Schnittstelle 201  
5 ausgestattet und mittels zusätzlicher Steuerleitungen 5 mit dem zugeordneten, vorschaltbaren Redundanzmittel 3 verbunden.

Dazu ist in Figur 4 ein Blockschaltbild eines vorschaltbaren Redundanzmittels 3 mit zusätzlichen Steuerleitungen 5 für die Überwachung und Diagnose dargestellt. Die  
10 Auswertestufe 312 des Empfängers 31 weist einen Ausgang zur Ausgabe von Statusinformationen und Eingänge zur Selektion einer dedizierten Buslinie 11 oder 12 als Empfangslinie auf, die über jeweils eine der zusätzlichen Steuerleitungen 5 mit der zusätzlichen Diagnose-Schnittstelle 201 des ausgewählten Busteilnehmer 2 der ersten Teilnehmergruppe 21 verbunden.

15 Darüber hinaus weist der Empfänger 31 Mittel zum Test und zur Diagnose auf, die es gestatten, den Empfänger 31 auf verschiedene Betriebsarten einzustellen. Neben der als Normalbetrieb bezeichneten Auswahl einer Buslinie 11 oder 12 als Empfangslinie in Abhängigkeit von der Gültigkeit eines Datenstroms ist darüber hinaus der Empfang  
20 auf einer fest eingestellten Buslinie 11 oder 12 vorgesehen, wobei die Auswertestufe 312 an- und abgeschaltet sein kann.

Für Test- und Diagnosezwecke ist der Empfänger 31 so konfigurierbar, daß ausschließlich auf einer bestimmten Buslinie 11 oder 12 empfangen wird. Hierbei  
25 kann vorgesehen sein, für die ausgewählte Buslinie 11 oder 12 eine direkte Verbindung zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Empfängers 31 zu schalten. Dazu wird die Auswertestufe 312 des Empfängers 31 durch den ausgewählten Busteilnehmer 2 über die Steuerleitungen 5 entsprechend initialisiert.

30 Sendeseitig ist für Test- und Diagnosezwecke vorgesehen, den Datenstrom individuell konfigurierbar auf ausschließlich einer oder mehreren Buslinien 11 und 12 auszugeben. Dazu sind die Treiber 321 des Senders 32 mit Torschaltungen ausgestattet, mit denen der Ausgang des jeweiligen Treibers 321 stummgeschaltet

wird. Jede Torschaltung weist einen Steuereingang auf, der über eine der Steuerleitungen 5 mit der Diagnose-Schnittstelle 201 des ausgewählten Teilnehmers 2 verbunden ist.

- 5 Während der Diagnose kann ein ausgewählter Teilnehmer gezielt Daten über eine und dieselbe ausgewählte Buslinie 11 oder 12 senden und empfangen. Durch dieses Verfahren wird eine defekte Buslinie 11 und 12 erkannt und einer übergeordneten Einrichtung gemeldet.

## Bezugszeichenliste

1	redundanter Serienbus
11, 12	Buslinien
2	Busteilnehmer
21 ... 25	Teilnehmergruppen
200	Buskommunikations-Schnittstelle
201	Diagnose-Schnittstelle
3	vorschaltbares Redundanzmittel
31	Empfänger
311	Eingangsstufe
312	Auswertestufe
313	Ausgangsstufe
314	Verstärker
32	Sender
321	Treiber
4	redundanzfreier Serienbus
5	Steuerleitungen

## Patentansprüche

1. Redundanter Serienbus mit  $n > 1$  parallelen Buslinien zur redundanten Vernetzung von Busteilnehmern mit jeweils einer einzigen Buskommunikations-Schnittstelle
- 5 dadurch gekennzeichnet,
- daß ein vorschaltbares Redundanzmittel (3) mit  $n$  Schnittstellen zum Anschluß an  $n$  parallele Buslinien (11, 12) und einer Schnittstelle zur Verbindung mit der einzigen Buskommunikations-Schnittstelle (200)
  - 10 mindestens eines Busteilnehmers (2) vorgesehen ist,
  - daß das vorschaltbare Redundanzmittel (3) empfangsseitig mindestens für jede Buslinie (11, 12) eine Eingangsstufe (311) und für alle Buslinien (11, 12) eine Auswertestufe (312) und Ausgangsstufe (313) aufweist,
  - daß die Auswertestufe (312) Mittel zur Bewertung der Gültigkeit eines
  - 15 Datenstroms und zur Auswahl einer der Buslinien (11, 12) als Empfangsline aufweist und
  - daß das vorschaltbare Redundanzmittel (3) sendeseitig für jede Buslinie (11, 12) einen Treiber (321) aufweist.
- 20 2. Redundanter Serienbus nach Anspruch 1  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Eingangsstufe (311) Mittel zur Synchronisation und Filterung aufweist.
3. Redundanter Serienbus nach einem der Ansprüche 1 und 2
- 25 dadurch gekennzeichnet,  
daß die Eingangsstufe (311) Mittel zur Seriell-Parallel-Wandlung aufweist.
4. Redundanter Serienbus nach Anspruch 3  
dadurch gekennzeichnet,
- 30 daß die Ausgangsstufe (313) Mittel zur Parallel-Seriell-Wandlung aufweist.

5. Redundanter Serienbus nach Anspruch 1  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Auswertestufe (312) Mittel zur Auswertung des Datenstromes, zur  
Zeitauswertung, zur Bewertung des Zustands der Empfangslinien und zur  
Linienauswahl aufweist.
6. Redundanter Serienbus nach einem der Ansprüche 1 bis 5  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das vorschaltbares Redundanzmittel (3) empfangsseitig auf eine Buslinie  
(11, 12) fest einstellbar ist.
7. Redundanter Serienbus nach einem der Ansprüche 1 bis 5  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das vorschaltbares Redundanzmittel (3) sendeseitig auf eine Buslinie (11,  
12) fest einstellbar ist.
8. Redundanter Serienbus nach Anspruch 7  
dadurch gekennzeichnet,  
daß jeder Treiber (321) eine Torschaltung zur Stummschaltung des  
Treiberausgangs umfaßt.
9. Redundanter Serienbus nach einem der Ansprüche 1 bis 8  
dadurch gekennzeichnet,
- daß mindestens ein ausgewählter Busteilnehmer (2) mit einer Diagnose-  
Schnittstelle (201) zum Anschluß von Steuerleitungen (5) ausgestattet ist,
  - daß die Auswertestufe (312) des vorschaltbaren Redundanzmittels (3) mit  
Anschlüssen zum Anschluß von Steuerleitungen (5) ausgestattet ist und
  - daß die Torschaltungen der Treiber (321) Steuereingänge aufweisen, die  
mit Steuerleitungen (5) mit der Diagnose-Schnittstelle (201) verbunden  
sind.

10. Verfahren zum Betrieb eines redundanten Serienbusses nach Anspruch 1  
dadurch gekennzeichnet,
- daß im laufenden Betrieb auf allen Buslinien (11, 12) parallel und gleichzeitig identische Nachrichtenpakete gesendet werden,
  - 5       - daß die identischen Nachrichtenpakete aller Buslinien (11, 12) parallel durch das vorschaltbare Redundanzmittel (3) empfangen werden,
  - daß die Datenströme der empfangenen Nachrichtenpakete auf ihre Gültigkeit geprüft werden und
  - 10       - daß in Abhängigkeit von der Gültigkeit der Datenströme eine der Buslinien (11, 12) ausgewählt wird, deren Datenstrom an den angeschlossenen Busteilnehmer (2) weitergeleitet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10  
dadurch gekennzeichnet,
- 15       daß zur Diagnose des redundanten Serienbusses (1) mit demselben ausgewählten Busteilnehmer (2) auf einer und derselben Buslinie (11, 12) Datenpakete gesendet und empfangen werden.

1/4

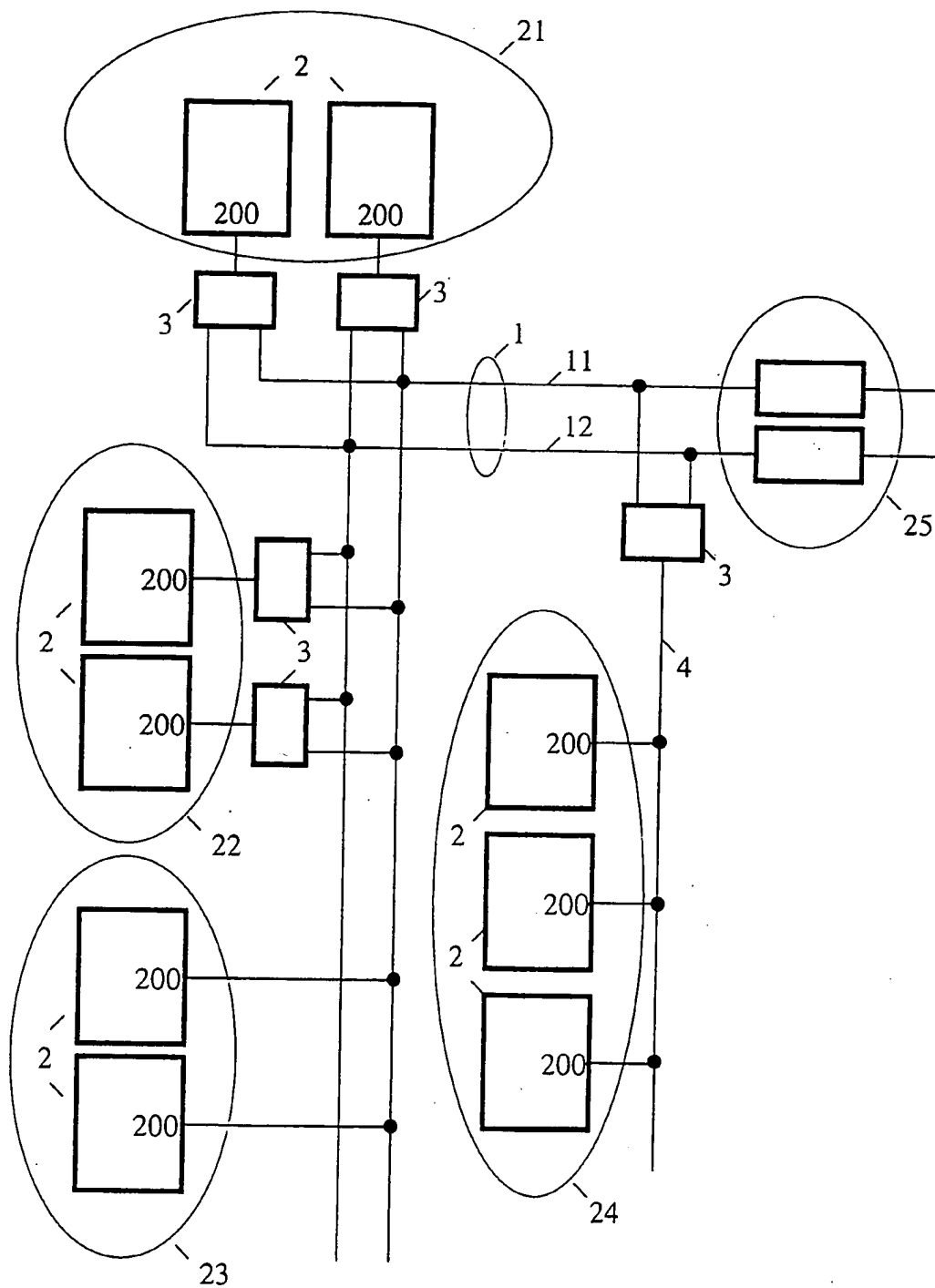


Fig.1



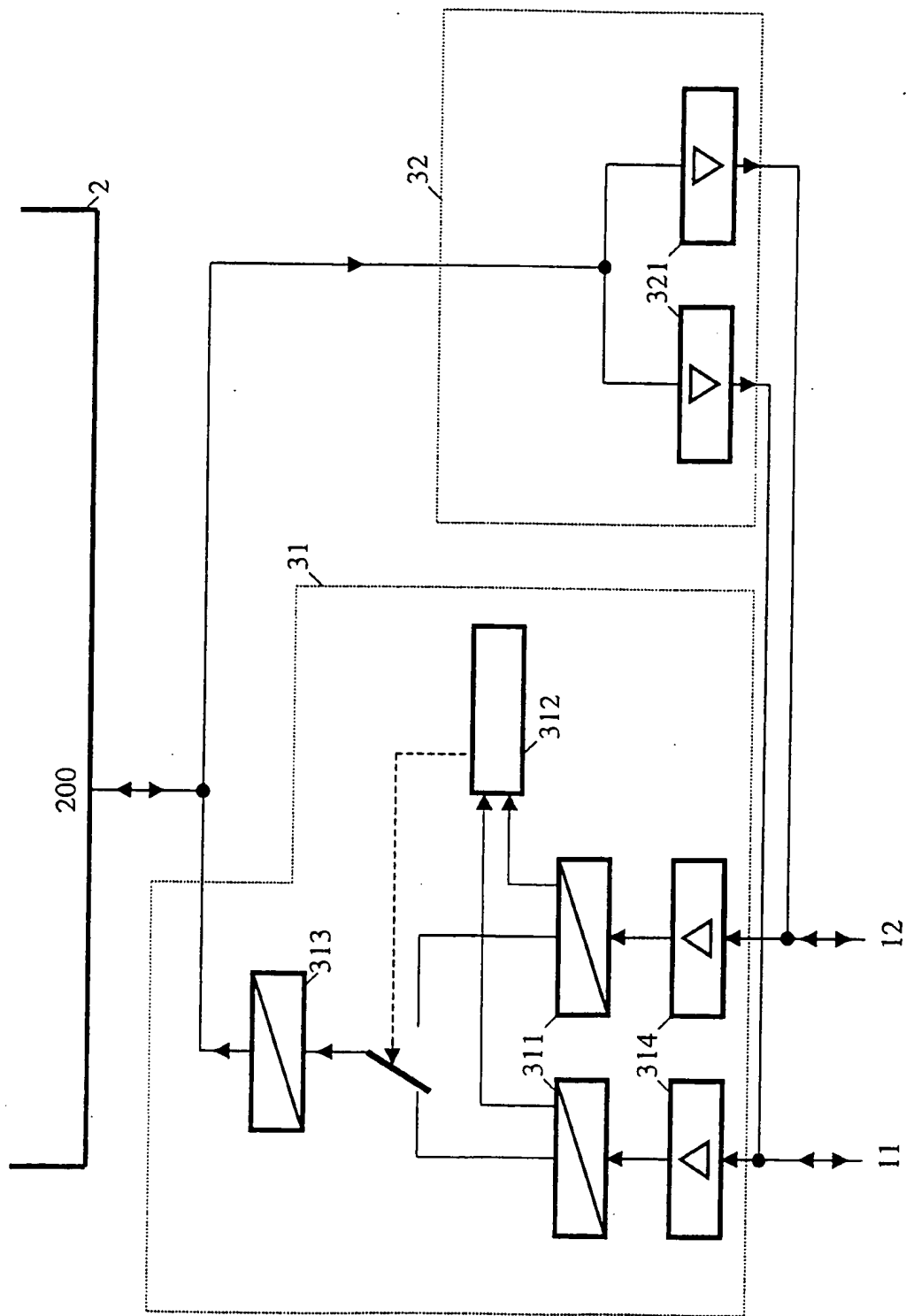


Fig.2

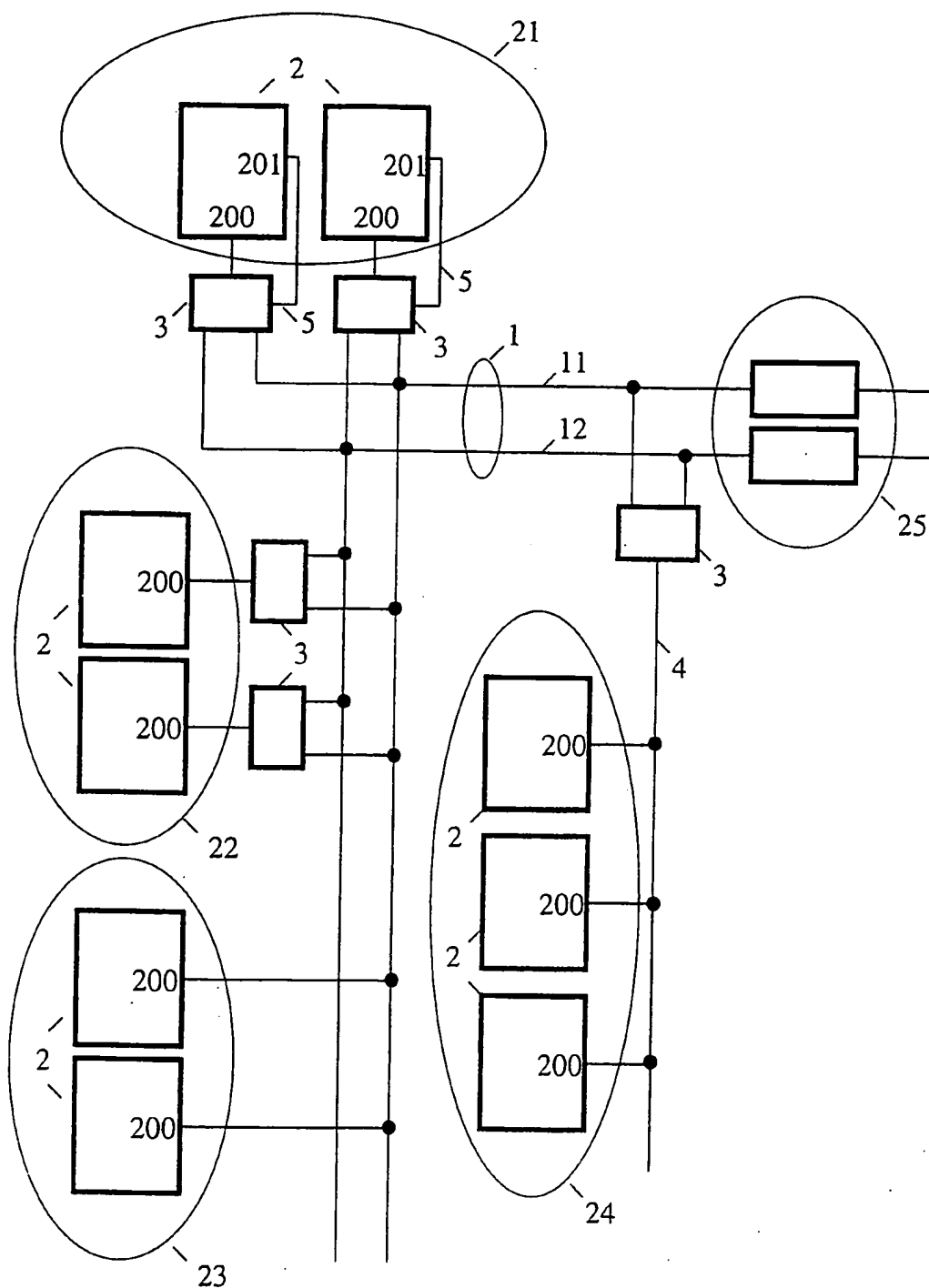


Fig.3

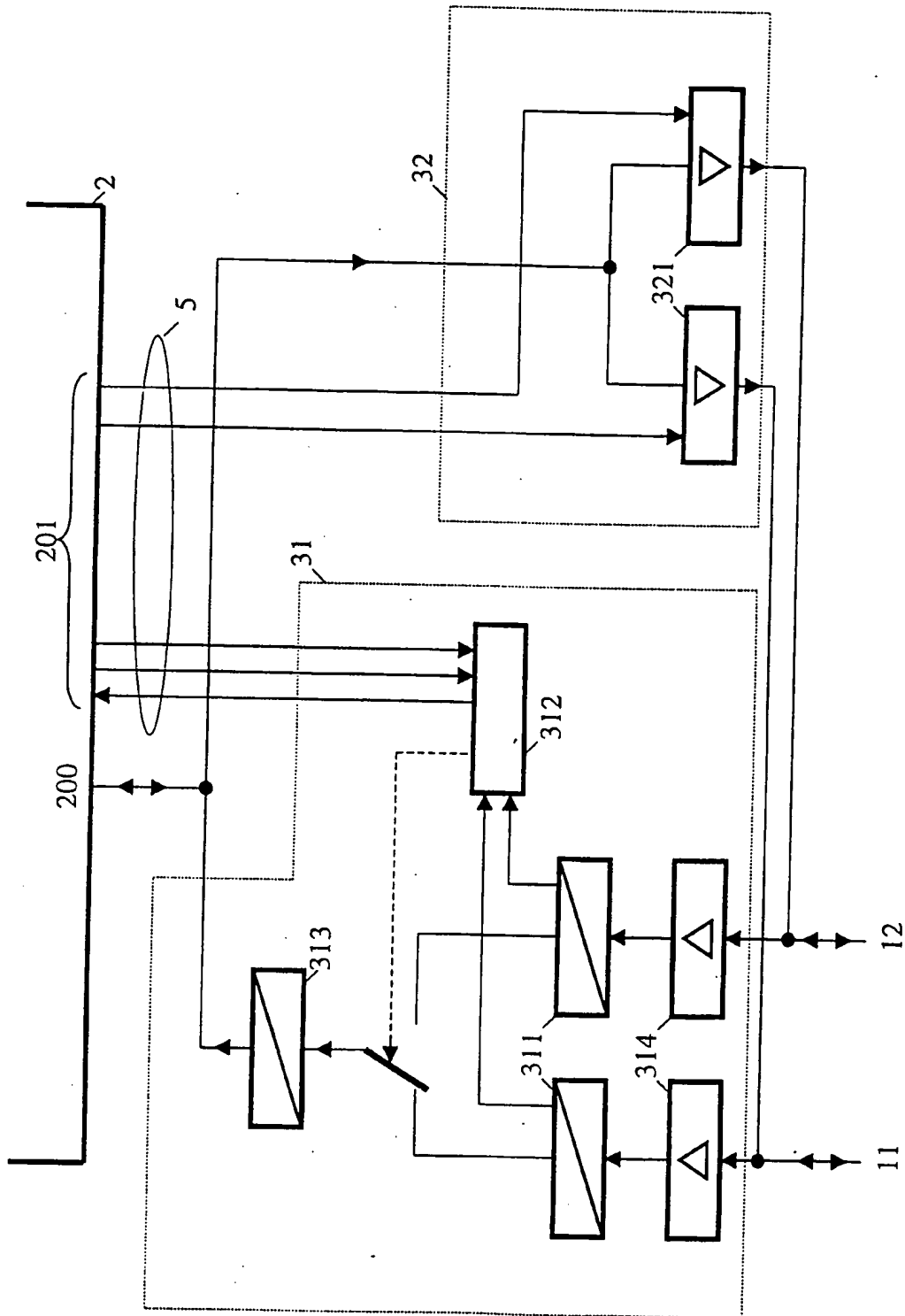


Fig. 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/01656

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H04L12/40 H04L12/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H04L G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 422 877 A (BRAJCZEWSKI DAVID C ET AL) 6 June 1995	1-5, 10
Y	see column 1, line 66 - column 3, line 34 see column 5, line 14 - column 6, line 12 see figure 1	6-8, 11
X	US 4 630 265 A (SEXTON DANIEL W) 16 December 1986 see abstract see column 1, line 59 - column 2, line 5 see column 2, line 56 - column 4, line 47 see column 6, line 67 - column 7, line 5	1, 5, 10
Y	EP 0 282 628 A (DIGITAL EQUIPMENT CORP) 21 September 1988 see column 3, line 32 - column 8, line 7 see figure 1	6-8, 11
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 November 1998

Date of mailing of the international search report

20/11/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

RAMIREZ DE AREL..., F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/01656

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 195 13 316 A (MANNE SMANN AG)  10 October 1996  cited in the application  see column 1, line 67 - column 2, line 68  see figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/01656

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5422877	A	06-06-1995	JP 7069545 A	14-03-1995
US 4630265	A	16-12-1986	NONE	
EP 0282628	A	21-09-1988	US 4490785 A	25-12-1984
			CA 1185375 A	09-04-1985
			DE 3378433 A	15-12-1988
			DE 3382592 A	20-08-1992
			EP 0094179 A	16-11-1983
			JP 59041031 A	07-03-1984
DE 19513316	A	10-10-1996	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

International ktenzeichen

PCT/DE 98/01656

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 H04L12/40 H04L12/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H04L G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 422 877 A (BRAJCZEWSKI DAVID C ET AL) 6. Juni 1995	1-5,10
Y	siehe Spalte 1, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 34 siehe Spalte 5, Zeile 14 - Spalte 6, Zeile 12 siehe Abbildung 1	6-8,11
X	US 4 630 265 A (SEXTON DANIEL W) 16. Dezember 1986 siehe Zusammenfassung siehe Spalte 1, Zeile 59 - Spalte 2, Zeile 5 siehe Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 4, Zeile 47 siehe Spalte 6, Zeile 67 - Spalte 7, Zeile 5	1,5,10
	---	
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. November 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

20/11/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

RAMIREZ DE AREL..., F

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

International Aktenzeichen

PCT/DE 98/01656

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 282 628 A (DIGITAL EQUIPMENT CORP) 21. September 1988 siehe Spalte 3, Zeile 32 - Spalte 8, Zeile 7 siehe Abbildung 1 ---	6-8, 11
A	DE 195 13 316 A (MANNESMANN AG) 10. Oktober 1996 in der Anmeldung erwähnt siehe Spalte 1, Zeile 67 - Spalte 2, Zeile 68 siehe Abbildung 1 -----	9



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01656

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5422877	A	06-06-1995	JP	7069545 A	14-03-1995
US 4630265	A	16-12-1986	KEINE		
EP 0282628	A	21-09-1988	US	4490785 A	25-12-1984
			CA	1185375 A	09-04-1985
			DE	3378433 A	15-12-1988
			DE	3382592 A	20-08-1992
			EP	0094179 A	16-11-1983
			JP	59041031 A	07-03-1984
DE 19513316	A	10-10-1996	KEINE		



Office de la Propriété  
Intellectuelle  
du Canada

Un organisme  
d'Industrie Canada

Canadian  
Intellectual Property  
Office

An agency of  
Industry Canada

CA 2294961 C 2003/10/07

(11)(21) **2 294 961**

(12) **BREVET CANADIEN  
CANADIAN PATENT**

(13) **C**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 1998/06/11

(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 1998/12/30

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2003/10/07

(85) Entrée phase nationale/National Entry: 1999/12/16

(86) N° demande PCT/PCT Application No.: DE 1998/001656

(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 1998/059464

(30) Priorité/Priority: 1997/06/20 (197 26 158.2) DE

(51) Cl.Int.<sup>7</sup>/Int.Cl.<sup>7</sup> H04L 12/40, H04L 12/26

(72) Inventeur/Inventor:

JANTZEN, WOLFGANG, DE

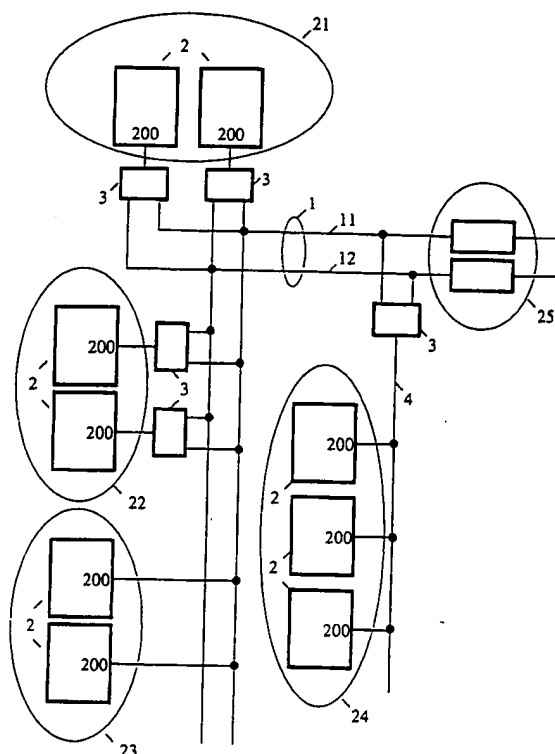
(73) Propriétaire/Owner:

ABB PATENT GMBH, DE

(74) Agent: FETHERSTONHAUGH & CO.

(54) Titre : BUS SERIE REDONDANT ET PROCEDE PERMETTANT DE LE FAIRE FONCTIONNER

(54) Title: REDUNDANT SERIAL BUS AND METHOD FOR THE OPERATION THEREOF



(57) Abrégé/Abstract:

The invention relates to a redundant serial bus and a method for its operation. In order to connect serial bus systems which are known per se but have no system-integrated redundancy means to one another by means of bus lines (11, 12) of redundant design, a redundancy means (3) is proposed which can be connected upstream and is connected between the bus communications interface (200) of a bus subscriber (2) and the redundant bus lines (11, 12). In this case, during operation, transmission always takes place on all the bus lines (11, 12), and a fault-free bus line (11, 12) is selected at the receiving end.

Canada

<http://opic.gc.ca> • Ottawa-Hull K1A 0C9 • <http://cipo.gc.ca>

OPIC • CIPO 191

OPIC



CIPO

## Abstract

The invention relates to a redundant serial bus and a method for its operation. In order to connect serial bus systems which are known per se but have no system-integrated redundancy means to one another by means of bus lines (11, 12) of redundant design, a redundancy means (3) is proposed which can be connected upstream and is connected between the bus communications interface (200) of a bus subscriber (2) and the redundant bus lines (11, 12). In this case, during operation, transmission always takes place on all the bus lines (11, 12), and a fault-free bus line (11, 12) is selected at the receiving end.

Related figure, Figure 1

20337-528

11

CLAIMS:

1. A redundant serial bus system having  $n > 1$  parallel bus lines for redundant networking of bus subscribers each having a single bus communications interface, which is  
5 suitable for connection of a single bus line of the serial bus system, characterized

in that a redundancy means, which can be connected upstream, having  $n$  bus communications interfaces for connection to  $n$  parallel bus lines and one bus  
10 communications interface for connection to the single bus communications interface on at least one bus subscriber are provided,

in that the redundancy means which can be connected upstream has, at the receiving end, an input stage  
15 at least for each bus line, and has a common evaluation stage and an output stage for all the bus lines,

in that the evaluation stage has means for evaluating the validity of a data stream and for selection of one of the bus lines as the receiving line so that the  
20 output signal from the output stage matches one of the signals on the bus lines, and

in that the redundancy means which can be connected upstream has, at the transmitting end, a driver for each bus line.

25 2. The redundant serial bus according to Claim 1, characterized

in that the input stage has means for synchronization and filtering.

20337-528

12

3. The redundant serial bus according to one of Claims 1 and 2, characterized

in that the input stage has means for serial/parallel conversion.

5 4. The redundant serial bus according to Claim 3, characterized

in that the output stage has means for parallel/serial conversion.

5. The redundant serial bus according to Claim 1,  
10 characterized

in that the evaluation stage has means for evaluation of the data stream, for time evaluation, for assessment of the state of the receiving lines and for line selection.

15 6. The redundant serial bus according to one of Claims 1 to 5, characterized

in that the redundancy means which can be connected upstream can be permanently set to one bus line on the receiving side.

20 7. The redundant serial bus according to one of Claims 1 to 5, characterized

in that the redundancy means which can be connected upstream can be permanently set to one bus line on the transmitting side.

25 8. The redundant serial bus according to Claim 7, characterized

20337-528

13

in that each driver comprises a gate circuit for muting the driver output.

9. The redundant serial bus according to one of Claims 1 to 8, characterized

5 in that at least one selected bus subscriber is equipped with a diagnosis interface for connection of control lines,

in that the evaluation stage of the redundancy means which can be connected upstream is equipped with  
10 connections for connection of control lines, and

in that the gate circuits of the drivers have control inputs which are connected by means of control lines to the diagnosis interface.

10. A method for operating a redundant serial bus  
15 according to Claim 1, characterized

in that, during operation, identical message packets are sent in parallel and at the same time to all the bus lines,

in that the identical message packets on all the  
20 bus lines are received in parallel by the redundancy means which can be connected upstream,

in that the data streams of the received message packets are checked for their validity, and

in that, depending on the validity of the data  
25 streams, one of the bus lines is selected, whose data stream is passed on to the connected bus subscriber.

11. The method according to Claim 10, characterized

20337-528

14

in that data packets are sent and received on one  
and the same bus line in order to diagnose the redundant  
serial bus with the same selected bus subscriber.

FETHERSTONHAUGH & CO.  
OTTAWA, CANADA  
PATENT AGENTS

FILE, ~~PIN~~ IN THIS AMENDED  
TEXT TRANSLATION

71472

**Redundant serial bus and method for its operation**

5

**Description**

The invention relates to a redundant serial bus and to a method for its operation.

10

The general problem is to connect serial bus systems which are known per se but have no system-integrated redundancy means, that is to say correctly standardized and thus interoperable bus systems, to one another by means of bus lines of redundant design.

15

Furthermore, there is a problem in selecting one of the bus lines of redundant design for communication in that it is no longer possible to identify complex faults at the purely physical level by, for example, transmission level identification. The evaluation must be carried out at a higher level of protocol processing. First of all, at least a portion of the serial transmission must be identified as being correct before the selected line can be selected for receiving the message. The monitored portion of the message must be at least sufficiently long that reflections, which may have a specific delay time on the bus, are reliably identified.

20

25

Normally, bus systems use special bus controllers for the lower layers of the transmission protocol. If these controllers do not provide appropriate redundancy, the necessary locations for the implementation of appropriate redundancy are no longer accessible to a user of this controller.

30

It is known from the publication  
"Automatisierungstechnik" [Automation Engineering]



- 2 -

R. Oldenbourg Verlag Vienna 1992, Volume I, page 406 for the data traffic to be switched from the active bus to a passive bus in a redundant system when a changeover criterion occurs, in which case the  
5 respective active bus represents a selection, which can be predetermined, of identical and equal-priority buses in the redundant bus system. Failures of the active bus and cyclic interrogations of the difference between the transfer requests on the active and passive buses are  
10 intended to be used as the changeover criterion.

A method for operation of an asynchronous and redundant serial bus, comprising  $n > 1$  parallel independent lines, is known from DE 195 13 318, in which at least two  
15 multiplexers are provided which can be synchronized to one another and are suitable for bidirectional transmission of data information between a serial bus interface and one of the parallel lines. In this case, the invention provides that a preferred line of the  
20 redundant serial bus is defined as the primary bus and the  $n-1$  remaining lines are defined as standby buses, that, when data traffic takes place without any disturbance, data information is interchanged between the stations connected via the multiplexers, via the  
25 primary bus as the active bus, and control information is interchanged between the multiplexers via at least one bus which can be predetermined, that, if the transmission quality on the active bus falls below a limit which can be predetermined, a standby bus which  
30 can be predetermined is defined as the active bus, a fault message is passed to a higher-level entity and the deactivated bus is analysed, and that, if the transmission quality of the primary bus rises beyond a limit which can be predetermined, the primary bus is  
35 defined as the active bus once again.

In this case, the complexity for synchronization of all the bus subscribers to the active bus is regarded as being disadvantageous both in terms of material and

20337-528

3

with respect to the protocol functions required for this purpose. Since the synchronization means are bus subscribers themselves, the number of available subscriber addresses for stations that can be connected is,  
5 furthermore, reduced.

An Ethernet bus system which can be segmented and has  $n > 1$  bus lines is known from DE 195 13 316 for redundant networking of single-port stations with one control output and one communications port, in which bidirectional  
10 multiplexers are provided, having one multiplexed port and  $n$  line ports, and a control input. At least one monitoring device having  $n$  line ports is connected to the  $n$  bus lines of an Ethernet segment. Each single-port station is assigned a multiplexer, in which case the communications  
15 port of the single-port station is connected to the multiplexed port of the multiplexer, and the control output of the single-port station is connected to the control input of the multiplexer. The  $n$  line ports of each multiplexer are connected to the  $n$  bus lines of an Ethernet segment.

20 Disadvantageously, each single-port station has to be equipped with a control output for controlling the multiplexer. Particularly when retrofitting redundant bus lines in existing systems, no such control output is available.

25 Furthermore, an Ethernet bus system, which can be segmented, is known from DE 195 13 315 for redundant networking of single-port stations, in which two lines are arranged in parallel, at least in segment elements, and addressable bidirectional multiplexers are provided as  
30 active network subscribers for connection of the single-port stations to the two lines, which multiplexers can be

20337-528

4

controlled by means of at least one monitoring unit, which can be addressed as an active network subscriber.

A disadvantage in this case is the large number of network addresses required, which limits the number of  
5 possible single-port stations in the same network.

The invention is based on the object of specifying means which allow bus subscribers of a serial bus system which is known per se and has no system-integrated redundancy means to be connected to one another by means of  
10 bus lines of redundant design. In this case, the existing bus system is intended to remain as uninfluenced as possible, and to be capable of compatible use. Mixed operation with non-redundant subscribers is intended to be possible, and the redundancy means are intended to identify  
15 and process even relatively complex faults, such as incorrect bus terminations and the like, correctly.

According to a first aspect of the invention, there is provided a redundant serial bus system having  $n > 1$  parallel bus lines for redundant networking of bus  
20 subscribers each having a single bus communications interface, which is suitable for connection of a single bus line of the serial bus system, characterized in that a redundancy means, which can be connected upstream, having  $n$  bus communications interfaces for connection to  $n$  parallel  
25 bus lines and one bus communications interface for connection to the single bus communications interface on at least one bus subscriber are provided, in that the redundancy means which can be connected upstream has, at the receiving end, an input stage at least for each bus line,  
30 and has a common evaluation stage and an output stage for all the bus lines, in that the evaluation stage has means for evaluating the validity of a data stream and for

20337-528

5

selection of one of the bus lines as the receiving line so that the output signal from the output stage matches one of the signals on the bus lines, and in that the redundancy means which can be connected upstream has, at the  
5 transmitting end, a driver for each bus line.

According to a second aspect, there is provided a method for operating a redundant serial bus according to the first aspect, characterized in that, during operation, identical message packets are sent in parallel and at the  
10 same time to all the bus lines, in that the identical message packets on all the bus lines are received in parallel by the redundancy means which can be connected upstream, in that the data streams of the received message packets are checked for their validity, and in that,  
15 depending on the validity of the data streams, one of the bus lines is selected, whose data stream is passed on to the connected bus subscriber.

The invention now comprises, for each of the receiving lines, additionally handling a portion of the  
20 protocol in the upstream device in order to satisfy the necessary decision criteria. After the evaluation, a line which has been identified as being fault-free is then selected. The selected line is then converted back to the original signal, in such a way that it can be read to the  
25 normal communications controller or the appliance.

The invention is in this case based on the knowledge that faults in the transmission path can normally be identified in the preamble or, in the case of UART protocols, during the transmission of the first byte.

30 According to the invention, an upstream device is provided to which, on the one hand, bus lines of redundant design and, on the other hand, subscribers or appliances

20337-528

5a

without system-integrated redundancy means are connected, in which case one of the bus lines is in each case connected to the connected subscriber or appliance, completely dispensing with system-integrated redundancy means.

5           In such redundant bus systems, transmissions are always made on all the lines, while any fault-free line is selected for reception. This means that different receivers connected to the same bus lines can identify different bus lines as being fault-free.

10           The available bus controllers can still be used, in an advantageous manner. Furthermore, existing appliances with bus controllers but without system-integrated redundancy means can easily be networked redundantly, without changing the system architecture.

15           The concept of upstream redundancy applies to all types of serial communication, and is implemented in the physical layer. One receiving line from  $n$  ( $n \geq m+1$ ) receiving lines is selected for redundancy, depending on the validity of a data stream. The selection applies for the  
20 duration of a transmission block (frame). Transmission takes place on all the transmitting lines. Receiving and transmitting lines may be combined to form a bidirectional bus line.

25           The invention will be explained in more detail in the following text with reference to an exemplary embodiment with two parallel bus lines. In the drawings required for this purpose:

Figure 1 shows an outline illustration of a redundant bus system

- 6 -

Figure 2 shows a block diagram of a redundancy means which can be connected upstream

5 Figure 3 shows an outline illustration of a redundant bus system with monitoring

10 Figure 4 shows a block diagram of a redundancy means which can be connected upstream, with monitoring

15 The outline of a redundant bus system according to the invention is shown in Figure 1. Groups 21 to 25 of bus subscribers 2 are connected to a redundant serial bus 1, which comprises two bus lines 11 and 12, with each of the bus subscribers 2 having a single, redundancy-free bus communications interface 200.

20 The bus subscribers 2 in the first and second groups 21 and 22 are each connected via a subscriber-specific redundancy means 3, which can be connected upstream, to both bus lines 11 and 12 of the redundant serial bus 1. The bus subscribers 2 in the fourth group 24 are connected via a redundancy-free serial bus 4 and a common redundancy means 3, which can be connected upstream, to both bus lines 11 and 12 of the redundant serial bus 1. The bus subscribers 2 in the third group 23 are connected exclusively to the bus line 11 of the redundant serial bus 1. The connection to one of the bus lines 11 and 12 is in this case advantageously optional, and the connections can be mixed. There is no need for any preferred position in this case.

35 The redundancy of the serial bus 1 can be scaled in a particularly advantageous manner to satisfy the requirements for availability of the individual bus subscribers 2. Furthermore, mixed operation of subscribers 2, connected in a redundant and non-redundant fashion, on the same redundant serial bus 1 is possible.

The fifth group 25 comprises so-called repeaters, which are each intended for connecting one bus line 11 and 12 in a first segment to in each case one bus line in a second segment of the same bus system.

Figure 2 shows the outline structure of a redundancy means 3 which can be connected upstream. The redundancy means 3 which can be connected upstream is equipped with a receiver 31 and a transmitter 32. The receiver 31 comprises in each case one input stage 311, one evaluation stage 312 and one output stage 313 at least for each bus line 11 and 12. The input stage 311 is equipped with means for synchronization, filtering and serial/parallel conversion. Furthermore, means may also be provided for evaluation of the data stream (parity, framing ...), and the states may be passed on to the evaluation stage 312. It is expedient for the input stage 311 to have an amplifier 314 connected upstream of it, which has means for matching the input stage 311 to the physical transmission medium of the bus line 11 and 12 of the redundant serial bus 1.

The evaluation stage 312 comprises means for evaluation of the data stream, for time evaluation, for assessing the state of the receiving lines and for line selection.

The output stage 313 has means for parallel/serial conversion, for muting in the case of faulty received data and driver stages (RS485, RS232, optical conductor, ...) for matching to the redundancy-free bus communications interface 200 of the bus subscribers 2. Alternatively, it is possible for the serial data stream, delayed for the reception identification time, to be passed on directly from the input stage 311 to the output stage 313. There is then no need for the parallel/serial conversion.

- 8 -

- In the input stage 311, the received signal is passed via a filter to a synchronization stage. In the synchronization stage, the receiver 31 is synchronized to the data stream. The transmission rate can be configured or identified automatically. The incoming data stream is evaluated for automatic rate identification. The data stream may be passed on to the evaluation stage 312 in serial or parallel form.
- 10 In the evaluation stage 312, the receiving line 11 or 12 is selected on the basis of criteria which are determined from the serial or parallel data stream, the time response and the state of the receiving line 11 and 12. The criteria from the data stream include the frame error, parity error, preambles, synchronization sequences, etc. Further criteria are derived from the time response, from pause times during the data transfer or from the data transfer duration. A time-dependent changeover strategy may also provide
- 15 criteria. One selection criterion which may characterize the state of the receiving line 11 and 12 is also the signal level, which indicates an overload or underload.
- 25 In the output stage 313, bit retiming is carried out for the data stream which has been identified as being valid and has been selected, and this is output via a driver stage. The time delay which occurs in the redundancy means 3 which can be connected upstream is not critical since it is in the same order of magnitude as the cable propagation times (reflection propagation time). If no valid data stream is identified, then the output stage 313 supplies the rest state as the output signal.
- 30
- 35 At the transmitting end, the redundancy means 3 which can be connected upstream has a transmitter 32 with in each case one driver 321 for each bus line 11 and 12 of the redundant serial bus 1. The data stream to be



- 9 -

transmitted is output via the drivers 321 to all the bus lines 11 and 12.

Using the same reference symbols for the same means, Figure 3 shows the outline of a redundant bus system in which selected bus subscribers 2 are equipped with diagnosis means. In this case, the selected bus subscribers 2 in the first subscriber group 21 are equipped with an additional diagnosis interface 201 and are connected by means of additional control lines 5 to the associated redundancy means 3 which can be connected upstream.

In this context, Figure 4 shows a block diagram of a redundancy means 3 which can be connected upstream, with additional control lines 5 for monitoring and diagnosis. The evaluation stage 312 in the receiver 31 has an output for outputting status information, and inputs for selection of a dedicated bus line 11 or 12 as the receiving line, which is connected via in each case one of the additional control lines 5 to the additional diagnosis interface 201 of the selected bus subscriber 2 in the first subscriber group 21.

Furthermore, the receiver 31 has means for testing and for diagnosis, which allow the receiver 31 to be set to different operating modes. In addition to selecting a bus line 11 or 12 as the receiving line, which is called the normal mode, reception on a permanently set bus line 11 or 12 is also envisaged, as a function of the validity of a data stream, in which case the evaluation stage 312 may be switched on and off.

For test and diagnosis purposes, the receiver 31 can be configured such that reception takes place exclusively on a specific bus line 11 or 12. In this case, it is possible for the selected bus line 11 or 12 to make a direct connection between the input and the output of the receiver 31. For this purpose, the evaluation stage

- 10 -

312 of the receiver 31 is initialized appropriately by the selected bus subscriber 2, via the control lines 5.

- At the transmitting end, the invention provides, for test and diagnosis purposes, for the data stream to be output in a specifically configurable manner on exclusively one or more bus lines 11 and 12. For this purpose, the drivers 321 in the transmitter 32 are equipped with gate circuits, by means of which the output of the respective driver 321 is muted. Each gate circuit has a control input, which is connected via one of the control lines 5 to the diagnosis interface 201 of the selected subscriber 2.
- During diagnosis, a selected subscriber may deliberately transmit and receive data via one and the same selected bus line 11 or 12. This method identifies a defective bus line 11 and 12, and signals this to a higher-level device.

## List of reference symbols

1	Redundant serial bus
11, 12	Bus lines
2	Bus subscribers
21 ... 25	Subscriber groups
200	Bus communications interface
201	Diagnosis interface
3	Redundancy means which can be connected upstream
31	Receiver
311	Input stage
312	Evaluation stage
313	Output stage
314	Amplifier
32	Transmitter
321	Driver
4	Redundancy-free serial bus
5	Control lines